

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

51

52 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Int. Cl. 2:

H 01 J 3/02

H 01 J 37/06

1
17
1

DT 23 49 352 B 2

Auslegeschrift 23 49 352

11

21

22

23

24

Aktenzeichen: P 23 49 352.9-33

Anmeldetag: 2. 10. 73

Offenlegungstag: 11. 4. 74

Bekanntmachungstag: 21. 7. 77

20

Unionspriorität:

22 23 31

3. 10. 72 Niederlande 7213355

54

Bezeichnung:

Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers

71

Anmelder:

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Niederlande)

72a

Vertreter:

David, G.M., Pat.-Ass., 2000 Hamburg

72b

Erfinder:

Mast, Karel Diederick van der; Barth, James Edmond;
Delft (Niederlande)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 10 28 244

US 33 88 280

DT 23 49 352 B 2

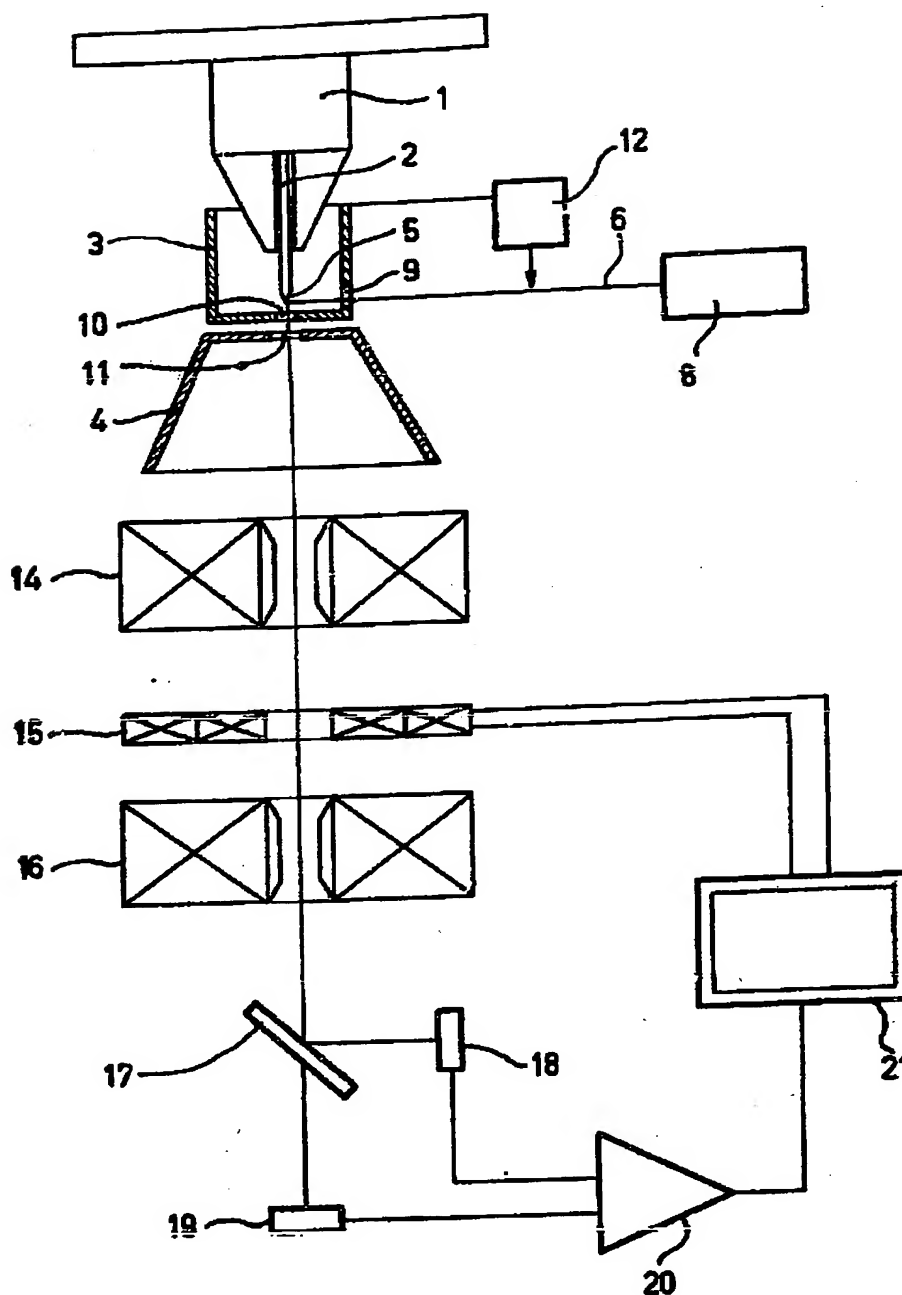


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers mit einer Kathodenspitze, die sich am freien Ende eines Kathodendrahts befindet und im Betrieb durch einen Hilfsstrahl erhitzt wird, mit einer Vorschubeinrichtung für den Kathodendraht und mit einer der Kathodenspitze gegenüberliegenden, mit einer Bohrung versehenen Elektrode, an die ein gegenüber der Kathodenspitze positives Potential angelegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kathodendraht von höchstens 50 µm Durchmesser verwendet wird, daß an der Kathodenspitze eine elektrische Feldstärke von 10^5 bis 10^6 kV/m erzeugt wird und daß der Vorschub des Kathodendrahts in Abhängigkeit von der Energiezufuhr des Hilfsstrahls auf die Kathodenspitze so gesteuert wird, daß an der Kathodenspitze ein Krümmungsradius von 0,2 bis 2 µm aufrechterhalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfsstrahl der Strahl eines kontinuierlich arbeitenden Lasers verwendet wird, dessen Intensität durch ein vom Strahlstrom des Elektronenstrahlerzeugers hergeleitetes Signal moduliert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch das die Strahlenintensität des Hilfsstrahls steuernde Signal eine senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Hilfsstrahls bewegbare Abfangblende gesteuert wird.

4. Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem der Kathodendraht in der Vorschubeinrichtung durch zwei Klemmen gehalten wird, deren Klemmflächen in Ebenen liegen, die sich nahezu senkrecht in einer mit der optischen Achse des Elektronenstrahlerzeugers zusammenfallenden Geraden schneiden, bei dem die Klemmen der Vorschubeinrichtung alternierend geöffnet und geschlossen werden und bei dem die der Kathodenspitze nächstliegende Klemme der Vorschubeinrichtung eine oszillierende Bewegung in Drahtrichtung ausführt, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschiebung des Kathodendrahts durch ein vom Emissionsstrom der Kathodenspitze hergeleitetes Signal gesteuert wird.

5. Elektronenstrahlerzeuger zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubeinrichtung elektrisch leitende Drähte enthält, die durch mit elektrischen Stromimpulsen erzeugte thermische Längenänderungen die Klemmen betätigen.

6. Elektronenstrahlerzeuger nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorschubeinrichtung eine Vorrichtung aufweist, die das gleichzeitige Öffnen der Klemmen verhindert, und daß diese Vorrichtung beim Einschleiben eines neuen Kathodendrahts außer Betrieb gesetzt werden kann.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers mit einer Kathodenspitze, die sich am freien Ende eines Kathodendrahts befindet und im Betrieb durch einen Hilfsstrahl erhitzt wird, mit einer Vorschubeinrichtung für den Kathoden-

draht und mit einer der Kathodenspitze gegenüberliegenden, mit einer Bohrung versehenen Elektrode, an die ein gegenüber der Kathodenspitze positives Potential angelegt wird.

Ein solches Verfahren ist z.B. aus der DT-PS 10 28 244 bekannt. Die Kathode des Elektronenstrahlerzeugers besteht dabei aus einem Wolframdraht mit einem Durchmesser von 100 bis 200 µm, dessen Ende von einem Ionenbündel geheizt wird. Das Ionenbündel wird durch ein elektrisches Feld auf die Drahtspitze gelenkt. Die maximale thermische Elektronenemission, die eine derartige Kathode liefern kann, wird vom Werkstoff, von der Geometrie und von der Temperatur der Drahtspitze bestimmt. Die Einstellung dieser Kathode auf eine hohe Emissionsstromdichte führt zu einer hohen Temperatur, die eine verhältnismäßig große Verdampfung der Kathodenspitze auslöst. Der Kathodendraht muß deshalb jeweils nach einer gewissen Brenndauer vorgeschoben werden. Der verdampfte Werkstoff wird jedoch das Innere des Gerätes stark verschmutzen und durch die intermittierende Methode des Drahtvorschubs treten Schwankungen im Emissionsstrom auf.

Es sei noch bemerkt, daß es aus der US-PS 33 88 280 bekannt ist, die Kathode eines Elektronenstrahlerzeugers durch einen Laser zu heizen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem insbesondere Schwankungen des Emissionsstromes und eine starke Verschmutzung des Gerätes vermieden werden.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß ein Kathodendraht von höchstens 50 µm Durchmesser verwendet wird, daß an der Kathodenspitze eine elektrische Feldstärke von 10^5 bis 10^6 kV/m erzeugt wird und daß der Vorschub des Kathodendrahts in Abhängigkeit von der Energiezufuhr des Hilfsstrahls auf die Kathodenspitze so gesteuert wird, daß an der Kathodenspitze ein Krümmungsradius von 0,2 bis 2 µm aufrechterhalten wird.

Ein solcher Krümmungsradius ist bedeutend größer als bei Feldemissionsquellen, wodurch der Verlust an wirksamer Helligkeit durch unvermeidlich auftretende Linsenfehler in dem elektronenoptischen Gerät, in dem der erfindungsgemäß betriebene Elektronenstrahlerzeuger eingesetzt wird, stark verringert wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird als Hilfsstrahl der Strahl eines kontinuierlich arbeitenden Lasers verwendet, dessen Intensität durch ein vom Strahlstrom des Elektronenstrahlerzeugers hergeleitetes Signal moduliert wird. Das die Strahlenintensität des Hilfsstrahls steuernde Signal kann dabei durch eine senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Hilfsstrahls bewegbare Abfangblende gesteuert werden.

Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Elektronenstrahlerzeugers der beschriebenen Art, bei dem der Kathodendraht in der Vorschubeinrichtung durch zwei Klemmen gehalten wird, deren Klemmflächen in Ebenen liegen, die sich nahezu senkrecht in einer mit der optischen Achse des Elektronenstrahlerzeugers zusammenfallenden Geraden schneiden, bei dem die Klemmen der Vorschubeinrichtung alternierend geöffnet und geschlossen werden und bei dem die der Kathodenspitze nächstliegende Klemme der Vorschubeinrichtung eine oszillierende Bewegung in Drahtrichtung ausführt, wird gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung

3
die Verschiebung des Kathodendrahtes durch ein vom Emissionsstrom der Kathodenspitze hergeleitetes Signal gesteuert. Die Drahtspitze bleibt dabei gegenüber einer zum Durchlassen eines Strahlstromes durchbohrten Elektrode mit einem in bezug auf die Drahtspitze positiven Potential angeordnet. Durch geeignete Wahl des Drahtdurchmessers und die Art der Heizung der Kathodenspitze bleibt die Verdampfung des Drahtes innerhalb zulässiger Grenzen.

Die Erfindung betrifft weiter einen Elektronenstrahlerzeuger zur Durchführung des erläuterten Verfahrens, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die Vorschubeinrichtung elektrisch leitende Drähte enthält, die durch mit elektrischen Stromimpulsen erzeugte thermische Längenänderungen die Klemmen betätigen. Die Vorschubeinrichtung kann dabei eine Vorrichtung umfassen, die das gleichzeitige Öffnen der Klemmen verhindert und die beim Einschleiben eines neuen Kathodendrahtes außer Betrieb gesetzt werden kann.

Die sehr hohe Stromdichte bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist dadurch möglich, daß den Bedingungen für die sogenannte Temperaturfeldemission, die durch den Schottky-Effekt ausgelöst wird, entsprochen ist. Durch diesen Effekt, der bei einer ausreichend hohen Feldstärke an der Oberfläche und einer ausreichend hohen Kathodentemperatur auftritt, brauchen die Elektronen weder das gesamte Austrittspotential zu überwinden, wie es bei der Wärmeemission erforderlich ist, noch die Potentialsperrschicht zu durchbrechen, wie dies bei der Feldemission erforderlich ist. Das zu überwindende Austrittspotential wird durch das angelegte elektrische Feld stark herabgesetzt, so daß bei gleicher Temperatur die Emission pro Flächeneinheit wesentlich höher sein kann. Bei einer gerade unter dem Schmelzpunkt des Kathodenwerkstoffes liegenden Temperatur ergibt sich noch die überraschende und vorteilhafte Nebenwirkung, daß die Elektronenemission völlig unabhängig von der Kristallrichtung ist. Da bei einer niedrigeren Temperatur die Emissionsdichte in Drahtrichtung bedeutend niedriger ist als senkrecht zu ihr, wird dadurch ein wesentlich höherer Strahlstrom erreicht. Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein entsprechend dem Verfahren nach der Erfindung betriebener Elektronenstrahlerzeuger in einem Abtastelektronenmikroskop,

Fig. 2 ein gemäß dem Verfahren nach der Erfindung betriebener Elektronenstrahlerzeuger mit einem Laser als Hilfsstrahlquelle, und

Fig. 3 eine Vorschubeinrichtung für den Kathodendraht in einem Elektronenstrahlerzeuger nach Fig. 1 oder 2.

Das in Fig. 1 skizzenhaft dargestellte Abtastelektronenmikroskop enthält einen in einem Halter 1 montierten Kathodendraht 2, eine erste Anode 3 und eine zweite Anode 4. Vom Kathodendraht 2 wird ein freies Ende oder die Spitze 5 durch ein Strahlenbündel 6 aufgeheizt, das in einer Hilfsstrahlquelle 8 erzeugt wird. Die Hilfsstrahlquelle ist in diesem Ausführungsbeispiel als Laser ausgeführt, von dem ein Strahlenbündel im infraroten, sichtbaren oder ultravioletten Wellenlängenbereich über ein der Wellenlänge der Strahlung angepaßtes, nichtgezeichnetes Fenster und eine Öffnung 9 in der ersten Anode 3 auf die Kathodenspitze 5 auftrifft. Durch die Bohrungen 10 und 11 in der ersten Anode 3 bzw. der zweiten Anode 4 wird aus dem Gesamtemissionsstrom der Kathodenspitze 5 ein im

Abtastelektronenmikroskop zu verwendender Strahlstrom abgetrennt. Über eine weiter nichtgezeichnete Öffnung und ein nichtgezeichnetes Fenster, das vorzugsweise seitlich des Laserstrahls angeordnet ist, kann die Kathodenspitze beobachtet werden. Mit einem Regelmechanismus 12 wird der der Kathodenspitze zuzuführende Energiestrom gesteuert.

Vom Abtastelektronenmikroskop sind weiter eine Kondensorlinse 14, eine Ablenkeinheit 15, ein Objektiv 16, ein Objekt oder Präparat 17 und die Detektoren 18 und 19 dargestellt. Ein von einem der Detektoren empfangenes Signal wird über einen Signalverstärker 20 an einem mit der Ablenkeinheit 15 gekoppelten Fernsehmonitor 21 wiedergegeben.

Im Betrieb führt die erste Anode, zum Erfüllen der Bedingungen für Temperaturfeldemission, ein Potential von z. B. einigen tausend Volt in bezug auf die Kathodenspitze. Die zweite Anode liegt dabei auf einem in bezug auf die Kathodenspitze positiven Potential von mehreren tausend Volt. Selbstverständlich sind diese Potentialwerte auch von der Geometrie der beiden Anoden, von den Abmessungen der Bohrungen in den Anoden, vom gegenseitigen Abstand der Anoden und von deren Abstand zur Kathodenspitze abhängig.

Wie bereits oben bemerkt, muß für die gewünschte Emissionsform eine Feldstärke von ungefähr 10^5 bis 10^6 kV/m an der Oberfläche der Kathodenspitze erzeugt werden.

Fig. 2 zeigt skizzenhaft eine Anordnung zum Einstellen des Kathodendrahtes auf die gewünschten Emissionseigenschaften. Ein aus einem kontinuierlich strahlenden Laser 31 stammender Strahl mit einer Energie von z. B. etwa 5 Watt wird mit einer Linse oder mit einem Linsensystem 32 an der Stelle der Kathodenspitze 5 zu einem Brennfleck mit äußerst geringer, nur durch Beugungserscheinungen der kohärenten Laserstrahlung bestimmten Querabmessung fokussiert.

Der Kathodendraht 2 wird von einer Vorschubeinrichtung festgehalten, die in der Halter 1 aufgenommen ist und die in Fig. 3 dargestellt ist. Die Vorschubeinrichtung dient dazu, die Drahtspitze 5 der Drahtkathode 2 während des Betriebs des Elektronenstrahlerzeugers genau an einer festen Stelle zu halten und durch Zufuhr von Kathodenwerkstoff dessen Verdampfung auszugleichen. Die erste Anode 3 ist dazu mit einer Gleichspannungsversorgungseinheit 33 verbunden. Durch den Emissionsstrom entsteht an einem Widerstand 34 ein Spannungsunterschied, der mit Hilfe eines Gleichspannungsverstärkers 35 mit einer aus einer Versorgungseinheit 36 herrührenden Spannung verglichen wird. Ein auf diese Weise gewonnenes Differenzsignal wird in einem Integrator 37 integriert und treibt über einen Stromverstärker 38 einen Transportmechanismus der Vorschubeinrichtung an. Mit diesem Transportmechanismus kann der Kathodendraht 2 langsam, z. B. um einige μ m pro Minute, in Drahtrichtung vorgeschoben werden. Die Kathodenspitze 5 ragt dabei mehr oder weniger in das Laserbündel, wodurch seine Energiezufuhr geregelt wird. Durch diesen Einstellmechanismus werden eventuell auftretende langsame Schwankungen in der Laserintensität oder in der Geometrie der Kathodenspitze, z. B. durch Werkstoffverdampfung ausgeglichen.

Zum Nachregeln schneller Schwankungen dient ein Steuersignal, das aus einem durch eine Gleichspannungsversorgungseinheit 39 über einen Widerstand 40 zu liefernden Anodenstrom gewonnen wird. Über einen

Kondensator 41 steuert dieses Signal einen elektrodynamischen Umformer 12, der die Stellung einer im Laserstrahl liegenden Abfangblende 43 einstellt. Mit dieser Abfangblende kann ein Teil des Laserstrahls abgefangen werden, wodurch die der Kathodenspitze zugeführte Energie abnimmt. Der Laserstrahl kann dabei einseitig, an mehreren Seiten oder ringsherum eingeschnürt werden.

In der Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel einer Vorschubeinrichtung wiedergegeben. Ein vorgestreckter Wolframdraht 2 wird von den Klemmbacken 50 und 51 festgehalten. Ein federndes Befestigungselement 52 für die Klemmbacke 51 liefert dazu eine Klemmkraft. Die Klemmbacken 50 und 51, das federnde Befestigungselement 52 und eine Platte 53 bilden zusammen einen Greifer, der sich durch ein paralleles Federsystem mit den Federn 54, 55, 56 und 57 nur in einer Richtung, und zwar entlang der Achse des Elektronenstrahlerzeugungssystems bewegen kann. Ein Draht 58 zieht die Platte 53 zu einer Montageplatte 59 hin. Durch thermische Längenänderung des Drahtes 58 verlagert sich die Platte 53 und der Kathodendraht 2 wird vorgeschoben. Während dieser Bewegung ist ein zweites Klemmbackenpaar 59, 60 geöffnet. Sobald ein Hubende der Platte 53 erreicht worden ist, schließen sich die Klemmbacken 59 und 60 um den Kathodendraht, öffnen sich die Klemmbacken 50 und 51 und die Platte kehrt in ihre Anfangsstellung zurück, so daß der beschriebene Vorgang sich wiederholen kann. Eine nicht dargestellte Kupplung zwischen den Klemmbacken kann verhindern, daß die beiden Klemmbackenpaare gleichzeitig geöffnet sind. Zum Einführen eines neuen Kathodendrahtes kann diese Kupplung außer Betrieb gesetzt werden.

Während des Betriebes wird der Draht 58 durch einen Heizstrom aufgeheizt, der vom Stromverstärker 38 geliefert wird (siehe weiter Fig. 2). Da die Klemmflächen der Klemmbacken 50, 51 und 59, 60 senkrecht zueinander angeordnet sind, wird nach wiederholtem Übergreifen ein neu eingesetzter Kathodendraht 2 entlang der Schnittlinie der beiden Klemmflächen fixiert. Hierdurch reproduziert dieser Mechanismus

selbsttätig äußerst genau den Ort der Drahtachse. Das Öffnen und Schließen der Klemmbacken 50, 51 und 59, 60 zum Vorschleiben des Kathodendrahtes wird durch Stromsteuerung, also durch thermische Längenänderung der Drähte 62 und 63 bewirkt.

Durch die Verwendung eines dünnen Drahtes und das äußerst genaue und unterbrochene Nachstellen der Kathodenspitze tritt, insbesondere in Drahtrichtung, eine viel höhere Emissionsstromdichte auf als in den bekannten thermischen Elektronenstrahlerzeugern dieser Art; gleichzeitig ist der Nachteil des, wegen ihrer geringen Abmessungen, zu geringen wirksamen Stromes der Feldemissionsquelle beseitigt. Es zeigt sich, daß durch Verdampfung und Oberflächenwanderung am sich ständig weiterschiebenden Kathodendraht eine Drahtspitze mit einem Krümmungsradius von ungefähr $1\mu\text{m}$ aufrechterhalten wird. Im kräftigen Feld an der Kathodenspitze kann bedingt durch die hohe Temperatur der Kathodenspitze, die dadurch die gewünschte Abmessung bekommt, der bereits in der Einführung erwähnte Schottky-Effekt oder die sogenannte Temperatur-Feldemission auftreten. Auf diese Weise liefert ein Wolframdraht mit einem Durchmesser von $10\mu\text{m}$ als Kathodendraht bei einer Temperatur von ungefähr 3500°K aus einer Spitze mit einem Krümmungsradius von ungefähr $1\mu\text{m}$, die gegenüber einer in bezug auf die Kathodenspitze auf einem Potential von $+2000\text{ V}$ liegenden Anode angeordnet ist, eine Emissionsstromdichte in der Größenordnung von 10^4 A/cm^2 .

In einer Quelle mit einer derartigen hohen Stromdichte bei der gegebenen Querabmessung kann auf einfache Weise ein Elektronenstrahl erzeugt werden, der sich insbesondere als Strahlstrom in einem Abtastelektronenmikroskop eignet, in dem Fernsehtechniken zum Darstellen der Bildinformation angewandt werden.

Neben dem oben beschriebenen Abtastelektronenmikroskop können z. B. auch ein Transmissionselektronenmikroskop, ein Elektronenstrahlbearbeitungsgerät und ein Mikroanalysator mit Vorteil mit einem erfindungsgemäß betriebenen Elektronenstrahlerzeuger ausgerüstet werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

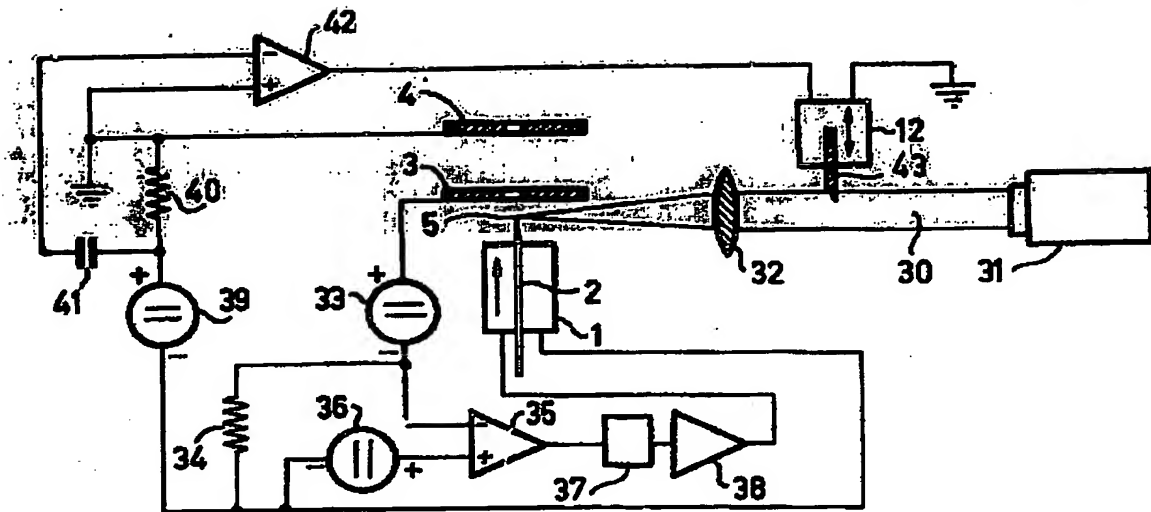


Fig. 2

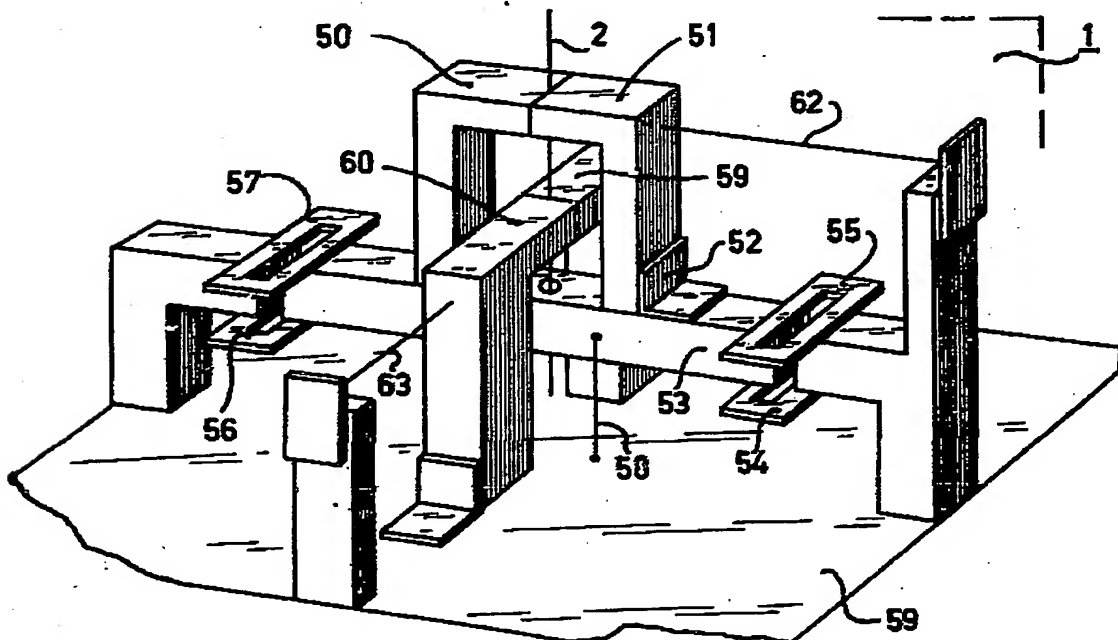


Fig. 3